



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

dr hab. inż. Filip Ciesielczyk, prof. PP

Prodziekan ds. nauki

ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań, tel. +48 61 665 3296, fax +48 61 665 2852

e-mail: filip.ciesielczyk@put.poznan.pl

Poznań, 4.09.2023 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego Pana dr. Łukasza Wolskiego, zaprezentowanego w formie cyklu powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych nt. *„Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na Nb₂O₅ i CeO₂ w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych z użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła*, będącego podstawą w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

1. Dane formalne

Podstawą formalną do przygotowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu – prof. dr hab. Macieja Kubickiego (pismo L. dz. WCH/279/MB/2023/5 z dnia 14 lipca 2023 r.) oraz Uchwała nr 126/2022/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne UAM z dnia 14 lipca 2023 r., w sprawie powołania Komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. Łukaszowi Wolskiemu, wszczętym przez Radę Doskonałości Naukowej w dniu 7 kwietnia 2023 r.

Dokumentację, której głównym elementem są osiągnięcia naukowe zaprezentowane w formie cyklu powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych pt. *„Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na Nb₂O₅ i CeO₂ w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych z użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła*”, oceniono zgodnie z wymogami określonymi w art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Całość dokumentacji nie budzi wątpliwości formalnych i spełnia wszystkie wymogi ustawowe i zwyczajowe stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

2. Dane ogólne i charakterystyka dorobku naukowego Kandydata

Pan dr Łukasz Wolski od początku kariery naukowej związany jest z Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W 2014 roku uzyskał tytuł zawodowy magistra chemii i został absolwentem Wydziału Chemii UAM. Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk chemicznych w dyscyplinie chemia nadano Panu dr. Łukaszowi Wolskiemu 15 czerwca 2018 r. Uchwałą Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Promotorem rozprawy doktorskiej zatytułowanej *„Katalizatory zawierające Zn, Nb, Cu, Au dla procesów utleniania wybranych związków organicznych*” była prof. dr hab. Maria Ziółek. Od 2018 roku Pan dr Łukasz Wolski zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Zakładzie Katalizy Heterogenicznej Wydziału Chemii UAM.

Zgodnie z danymi zaprezentowanymi we wniosku, sumaryczny dorobek Kandydata obejmuje 25 oryginalnych prac naukowych – 24 artykuły opublikowane w czasopiśmie indeksowanym przez Thomson Reuters Journal Citation Reports oraz 1 rozdział w monografii naukowej opublikowany w wydawnictwie CRC Press. Spośród wymienionych prac, 6 artykułów i rozdział w monografii zostały opublikowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora. Wynika z tego, że 18 prac zostało wydanych już po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, co biorąc pod uwagę okres 5 lat od obrony rozprawy doktorskiej, dowodzi istotnej aktywności Kandydata i wskazuje na jego dynamiczny rozwój naukowy. Rozpatrując wyłącznie prace z okresu po uzyskaniu stopnia doktora należy wspomnieć, że ich sumarycznych IF wynosi 133,867 (co daje średnio 7,437 na pracę), a łączna liczba P_{MEIN} wynosi 2640 (średnio 146,67 na pracę). Są to bardzo wysokie wskaźniki bibliometryczne, które wskazują na wysoką jakość prac i potwierdzają ich wartość naukową. Prace dr. Łukasza Wolskiego cytowano 367 i 380 razy (bez autocytowań), a związany z tym indeks Hirscha wynosi 11 lub 12, odpowiednio w oparciu o dane z bazy Scopus oraz Web of Science. Obecnie w bazach Scopus i Web of Science indeksowanych jest 25 prac Kandydata, a ich wskaźnik cytowań (bez autocytowań) wzrósł odpowiednio do 406 i 425 (dane na dzień 30.08.2023 r.). Jest to wynik bardzo dobry, zwłaszcza biorąc pod uwagę krótki okres w jakim prace się ukazały. Można zatem wnioskować, że dr Łukasz Wolski jest naukowcem rozpoznawalnym w środowisku krajowym oraz międzynarodowym. Dowodem na to są również zaproszenia do wykonania recenzji artykułów naukowych w renomowanych czasopiśmie, w tym m.in. *Applied Surface Science*, *Chemosphere*, *International Journal of Hydrogen Energy*, *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Hazardous Materials*, *Solar Energy*, *Analytical Chemistry* czy *ACS Applied Nano Materials* (Kandydat zrecenzował łącznie 50 prac).

Obok aktywności publikacyjnej, na uwagę zasługuje również współautorstwo Kandydata w 30 komunikatach zaprezentowanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych (18 w formie referatów ustnych i 12 prezentacji plakatowych).

Pan dr Łukasz Wolski brał udział w realizacji 3 projektów badawczych – w dwóch z nich (SONATINA i PRELUDIUM) pełnił rolę kierownika, natomiast w projekcie SONATA BIS pełnił rolę wykonawcy.

Na uwagę zasługuje także znaczna mobilność Kandydata udokumentowana odbytymi 4 stażami naukowymi – 3 w Université de Caen Normandie, Laboratoire Catalyse et Spectrochimie (Francja, Caen) pod opieką prof. Marco Daturi i dr. Mohamada El-Roza oraz 1 w University of Massachusetts-Lowell, Department of Chemistry (Stany Zjednoczone Ameryki, Lowell) pod opieką prof. Jamesa E. Whittena. Doktor Łukasz Wolski spędził łącznie 11 miesięcy za granicą, w tym 7 miesięcy przed obroną doktoratu i 4 miesiące po obronie doktoratu. Efektami staży są wspólne publikacje naukowe, a co ważniejsze, bezcenne doświadczenie naukowe.

Za efekty swojej działalności naukowej dr Łukasz Wolski był wielokrotnie nagradzany – jest laureatem m.in. Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców w roku 2021, Stypendium START 2021 Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, Stypendium Naukowego Miasta Poznania w 2020 roku czy nagrody I stopnia JM Rektora UAM za osiągnięcia naukowe w latach 2019 i 2020.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe zaprezentowane przez Kandydata stanowi spójny tematycznie cykl 9 publikacji naukowych nt. „*Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na Nb_2O_5 i CeO_2 w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych*

z **użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła**”, co jest zgodne z zapisami art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). We wszystkich 9 pracach dr Łukasz Wolski jest pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym, a co ważniejsze jest twórcą planu i koncepcji badań, a także wykonał znaczną część prac eksperymentalnych, czego potwierdzeniem są zamieszczone w dokumentacji oświadczenia współautorów. Szacunkowy wkład Kandydata w powstanie poszczególnych publikacji, potwierdzający jego wiodącą rolę, wynosi: 100% [H3] – publikacja monoautorska, 70% [H1, H2], 65% [H6, H8], 60% [H4, H7, H9] oraz 50% [H5]. Prace opublikowano w takich czasopismach jak *Materials Research Bulletin*, *Applied Catalysis B: Environmental*, *Catalysis Today*, *Catalysts*, *Journal of Hazardous Materials*, *Journal of Physical Chemistry C*, *Applied Surface Science* czy *ACS Applied Materials and Interfaces*. Sumaryczny IF tych prac wynosi 82,369 (średnio 9,152 na pracę), łączna liczba P_{MEIN} wynosi 1420 (średnio 157,78 na pracę), a o ich znaczeniu świadczy dodatkowo liczba cytowań wynosząca 85, co biorąc pod uwagę okres publikacji (lata 2019-2022), należy uznać za wynik bardzo dobry.

Tematyka badawcza zaprezentowana przez dr. Łukasza Wolskiego w monotematycznym cyklu publikacji skoncentrowana jest na projektowaniu nowej grupy katalizatorów złożonych z półprzewodnikowych tlenków metali (Nb_2O_5 oraz CeO_2) o zróżnicowanej reaktywności i specyficznych właściwościach fizykochemicznych, i ich wykorzystaniu w reakcjach katalizy heterogenicznej ukierunkowanych na procesy utleniania. Motywacją do podjęcia badań było znalezienie korelacji pomiędzy składem i właściwościami katalizatorów heterogenicznych, a ich zdolnością do wytwarzania utleniających indywiduów na drodze aktywowania różnego rodzaju utleniaczy, oraz rolę w utlenianiu wybranych związków organicznych. W mojej opinii nurt badań podjęty przez Kandydata jest istotny i uzasadniony z naukowego, a co ważniejsze, z praktycznego punktu widzenia. Zaprezentowane zagadnienia obejmują badania podstawowe dotyczące rozważań nad syntezą nowych katalizatorów, których dopełnieniem jest wnikliwa charakterystyka fizykochemiczna pozwalająca zdefiniować i wyjaśnić naturę oddziaływań pomiędzy poszczególnymi komponentami je budującymi oraz określić ich wpływ na wykazywaną aktywność katalityczną. Za kluczowe należy jednak uznać testy weryfikacyjne zaprojektowanych katalizatorów w modelowych reakcjach selektywnego i całkowitego utleniania, realizowanych zarówno w fazie ciekłej jak i gazowej, jak również w układach kombinowanych tj. przy udziale różnych metod utleniania, w tym tych inicjowanych światłem. Dobrze przemyślany i zaplanowany nurt badań potwierdza postawione hipotezy badawcze, na które odpowiedzią są przeprowadzone prace eksperymentalne. Kandydat wskazał tym samym niezagospodarowane obszary badawcze, które były inspiracją do zdefiniowania szczegółowych celów naukowych prowadzonych badań.

Główny nurt badań, skoncentrowany na wyjaśnieniu reaktywności zaprojektowanych katalizatorów w procesach utleniania, zainicjowany został rozważaniami nad zachowaniem Nb_2O_5 w procesie aktywowania nadtlenu wodoru w kierunku tworzenia silnie utleniających indywiduów i ocenie ich aktywności w utlenianiu wybranych związków organicznych. Wyniki tego etapu prac badawczych Kandydat zaprezentował w pracach H1 i H9. Zastosował do tego celu Nb_2O_5 – jeden zsyntezowany metodą hydrotermalną, drugi – dostępny komercyjnie. Jako modelowe zanieczyszczenia organiczne posłużyły barwnik Rodamina B oraz antybiotyk cyprofloksacyna. Aktywność katalizatora badano w procesie fotokatalitycznym, z użyciem H_2O_2 jako utleniacza oraz metodami kombinowanymi, w którym połączono wyżej wspomniane metody prowadzenia reakcji utleniania. Doktor Łukasz Wolski wykazał tym samym, że Nb_2O_5 jest obiecującym katalizatorem procesów, w których łączy się efekty fotokatalityczne z aktywowaniem H_2O_2 na powierzchni tego

tlenku metalu. Kontynuacją tego etapu prac były badania mające na celu poprawę reaktywności Nb_2O_5 , a także CeO_2 poprzez wytworzenie układów dwuskładnikowych [H5, H6 i H8]. Kandydat zaproponował skuteczną metodę syntezy mieszanego katalizatora NbCeO_x , który składał się z trzech osobnych faz CeO_2 , Nb_2O_5 i dominującej CeNbO_4 . Materiał został przetestowany w procesie odbarwiania błękitu metylenowego i okazało się, że wykazuje on zdecydowanie większą aktywność niż komponenty go budujące osobno. Związane było to bezpośrednio z lepszym rozwinięciem powierzchni układu dwuskładnikowego, która przełożyła się na zdecydowanie lepszą adsorpcję zanieczyszczenia, a jak się okazało to właśnie to zjawisko jest jednym z kluczowych etapów degradacji. Z kolei w pracy H6, Kandydat wykazał, że oba tlenki są aktywne w fotokatalitycznym utlenianiu metanolu. Dowiedziono m.in. całkowitej dezaktywacji katalizatora niobowo-cerowego już przy niewielkiej ilości wprowadzonego CeO_2 (niezależnie od tego czy reakcja utleniania była prowadzona w fazie ciekłej czy gazowej) – efektu takiego nie obserwowano w przypadku fizycznej mieszaniny obu tlenków. Dogłębna analiza procesu fotokatalitycznego dowiodła, że dezaktywacja układów dwuskładnikowych była następstwem zwiększonej rekombinacji nośników ładunków wytworzonych podczas naświetlania fotokatalizatorów, co wynikało z bardzo małego rozmiaru cząstek CeO_2 na powierzchni Nb_2O_5 , a także znacznej liczby defektów w strukturze tlenku ceru(IV). Jest to kluczowe spostrzeżenie, które w istotny sposób poszerza wiedzę na temat natury oddziaływań pomiędzy komponentami dwuskładnikowych fotokatalizatorów i ich wpływem na wykazywaną przez nie aktywność. Kontynuację tego nurtu badań Kandydat zaprezentował w pracy H7, w której opisał inny układ dwuskładnikowy będący połączeniem CeO_2 i ZnO . Uzyskany katalizator przetestowano w fotokatalitycznym utlenianiu antybiotyku – cyprofloksacyny jako modelowego zanieczyszczenia organicznego. Kandydat wykazał, że połączenie tych dwóch tlenków skutkuje poprawą ich aktywności fotokatalitycznej, co wynika bezpośrednio z powstania heterozłącza o korzystnym ułożeniu poziomów energetycznych pasm walencyjnych i przewodnictwa. Co istotne, ze względu na ograniczoną adsorpcję antybiotyku na powierzchni CeO_2 dowiedziono, że proces utleniania zachodzi głównie na ZnO . Pewną wadą materiału jest z pewnością fotokorozja ZnO prowadząca do roztwarzania tego tlenku i uwalniania jonów Zn^{2+} do roztworu, co zaobserwowano podczas testów stabilności fotokatalizatora. Kandydat wskazał jednak możliwość przewyciężenia tego zjawiska prowadząc reakcję w warunkach obojętnego pH.

Biorąc pod uwagę fakt, że charakter powierzchniowych grup funkcyjnych katalizatorów ma kluczowe znaczenie dla wykazywanej aktywności, w kolejnym etapie prac dr Łukasz Wolski zaproponował modyfikację właściwości powierzchniowych Nb_2O_5 grupami ortofosforanowymi(V), wpływającymi na zwiększenie kwasowości tego tlenku [H8]. Materiały o różnej zawartości fosforu Kandydat uzyskał stosując metodę hydrotermalną, wskazując jednocześnie na najkorzystniejszą ilość fosforu, która nie powoduje zmniejszenia stopnia uporządkowania struktury tlenku niobu(V). W toku przeprowadzonych prac udowodniono, że katalizatory modyfikowane fosforem były w stanie efektywnie adsorbować zanieczyszczenie organiczne w szerokim zakresie pH, nawet w przypadku silnie kwaśnych warunków, a także wykazywały odmienną i unikalną reaktywność w procesie katalitycznego aktywowania H_2O_2 . Co więcej, możliwa była regeneracja katalizatora w przyjazny dla środowiska sposób, poprzez poddanie działaniu H_2O_2 w temperaturze pokojowej – ma to istotne znaczenie środowiskowe i ekonomiczne.

Specyficzne właściwości obu tlenków spowodowały, że wykorzystano je jako nośniki w przygotowaniu katalizatorów złotych i złotowo-miedziowych, co Kandydat opisał w pracach H2-H4. W pracy H2 opisano serię katalizatorów monometalicznych ($\text{Au-Nb}_2\text{O}_5$ i $\text{Cu-Nb}_2\text{O}_5$) oraz bimetalicznych ($\text{AuCu-Nb}_2\text{O}_5$) osadzonych na tlenku niobu(V). Ideą takiego podejścia było

uzyskanie zwiększonej aktywności fotokatalizatora w zakresie światła widzialnego. Zaprojektowane materiały zweryfikowano w procesie utleniania metanolu w fazie gazowej. W toku przeprowadzonych badań udokumentowano synergistyczne oddziaływanie pomiędzy Au i Cu w katalizatorze bimetalicznym. Przeprowadzone testy katalityczne dowiodły ponadto, że obecność modyfikatorów (Au i Cu) negatywnie wpływa na aktywność fotokatalityczną tlenku niobu(V), w sytuacji kiedy proces realizowany jest przy udziale monochromatycznego promieniowania UV. Kandydat wykazał również, że promieniowanie UV, wzbudzające wszystkie badane składniki katalizatora, sprzyja selektywnemu utlenieniu metanolu, a reakcja utleniania zachodzi na powierzchni Nb_2O_5 . Natomiast w świetle widzialnym jedynymi składnikami zdolnymi do wzbudzenia były Au i Cu, co sprzyjało całkowitemu utlenieniu metanolu na powierzchni $\text{CuO/Cu}_2\text{O}$ bez tworzenia znacznej ilości produktów pośrednich. Analizę tego zagadnienia dr Łukasz Wolski kontynuował prowadząc badania nad zachowaniem katalizatorów Au- Nb_2O_5 oraz Au- CeO_2 odpowiednio w procesie utleniania glicerolu oraz alkoholu benzyloвого w fazie ciekłej – prace H3 i H4. W pracy H3 nanocząstki złota zostały naniesione na trzy różne nośniki niobowe: amorficzny, komercyjny Nb_2O_5 , krystaliczny Nb_2O_5 o zdeformowanej strukturze ortorombowej oraz krystaliczny Nb_2O_5 o strukturze heksagonalnej, a otrzymane materiały zweryfikowano w reakcji utleniania glicerolu w fazie ciekłej z użyciem tlenu jako utleniacza. Pozwoliło to określić wpływ stopnia krystaliczności nośnika, metody nanoszenia złota i obecności promotora miedziowego, a także warunków prowadzenia reakcji na aktywność i selektywność otrzymanych katalizatorów. Kandydat udowodnił m.in. że dodatek miedzi do katalizatorów złotych wpływa na rozmiar cząstek złota, co przekłada się na ich zwiększoną aktywność w procesie utleniania glicerolu. Dodatkowo, manipulując warunkami reakcji można wpływać na aktywność katalizatorów, ich selektywności, a także stabilność w kolejnych cyklach reakcyjnych. Z kolei do reakcji utleniania alkoholu benzyloвого w fazie ciekłej Kandydat wykorzystał katalizator Au- CeO_2 [H4]. Zaproponowano prostą metodę syntezy katalizatora złotowego osadzonego na CeO_2 , w której kationy złota i ceru ulegają współstrąceniu (z użyciem 3 czynników strącających tj. NaOH, urotropiny i mocznika), a kolejno materiał poddawany jest obróbce termicznej (kalcynacji). Potwierdzono, że rodzaj zastosowanego czynnika strącającego nie wpływa na skuteczność wprowadzenia złota do matrycy katalizatora oraz na rozwinięcie jego powierzchni. Determinował on jednak rozmiar i kształt cząstek złota, które miały znaczący wpływ na aktywność otrzymanych katalizatorów w procesie utleniania alkoholu benzyloвого. Wykazano, że układ Au- CeO_2 jest obiecującym katalizatorem do selektywnego utlenienia alkoholu benzyloвого do kwasu benzoowego, umożliwiającym uzyskanie wysokich stopni przereagowania i niemal 100-proc. selektywności.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych dr. Łukasza Wolskiego należy zaliczyć:

- wykazanie, że Nb_2O_5 jest unikalnym materiałem do projektowania bardziej złożonych nanostruktur o unikalnych właściwościach powierzchniowych oraz zwiększonej reaktywności w procesach utleniania związków organicznych, również tych realizowanych metodami kombinowanymi;
- wyjaśnienie roli aktywnych form tlenu wytworzonych i zaadsorbowanych na powierzchni Nb_2O_5 w zwiększeniu zdolności tego tlenku do adsorpcji zanieczyszczeń organicznych w obecności H_2O_2 ;
- wykazanie, że aktywne formy tlenu obecne na powierzchni katalizatora, pod wpływem światła, ulegają dalszym przekształceniom prowadzącym do powstawania tlenu singletowego, który wykazuje istotną reaktywność w procesie utleniania wybranych związków organicznych;

- wykazanie, że wbudowanie jonów ortofosforanowych(V) w strukturę Nb_2O_5 umożliwia uzyskanie materiału o unikalnych właściwościach powierzchniowych, zwiększonej kwasowości, pojemności sorpcyjnej oraz wykazującego istotną skuteczność w aktywowaniu H_2O_2 w kierunku tworzenia tlenu singletowego;
- określenie natury synergistycznego lub dezaktywującego oddziaływania pomiędzy tlenkowymi komponentami katalizatorów bimetalicznych w zależności od warunków prowadzenia procesu utleniania;
- wykazanie, że wbudowanie ceru w strukturę Nb_2O_5 prowadzi do uzyskania materiału o unikalnych właściwościach powierzchniowych i zwiększonej aktywności w procesach aktywowania H_2O_2 i degradacji wybranych zanieczyszczeń organicznych;
- wyjaśnienie natury synergistycznego oddziaływania pomiędzy CeO_2 i ZnO podczas fotokatalitycznej degradacji cyprofloksacyny oraz zdefiniowanie dróg degradacji tego antybiotyku;
- wykazanie, że Nb_2O_5 jest obiecującym katalizatorem fotokatalitycznego utleniania metanolu w fazie gazowej, a jego aktywność i selektywność może być kontrolowana poprzez dodatek miedzi i/lub złota, a także dobór warunków prowadzenia reakcji;
- wyjaśnienie synergistycznego oddziaływania pomiędzy Au i Cu w katalizatorach stosowanych w procesie fotokatalitycznego utleniania metanolu w fazie gazowej czy utleniania glicerolu w fazie ciekłej.

Reasumując, po zapoznaniu się z przedłożonym do oceny osiągnięciem jednoznacznie stwierdzam, że cykl powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych nt. „**Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na Nb_2O_5 i CeO_2 w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych z użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła**” w istotny sposób poszerza wiedzę z zakresu projektowania (foto)katalizatorów heterogenicznych oraz mechanizmu ich działania w reakcjach utleniania wybranych związków organicznych. Osiągnięcia, o których mowa wnoszą istotny element nowości naukowej oraz stanowią wartościowy wkład w rozwój reprezentowanej przez Kandydata dyscypliny naukowej.

Zaproponowane przed dr. Łukasza Wolskiego rozwiązania mają interdyscyplinarny charakter i znaczny potencjał aplikacyjny – łączą zagadnienia nauki o materiałach, chemii powierzchni, zjawisk (foto)katalitycznych czy aspektów ochrony środowiska, a o ich znaczeniu świadczy renoma czasopism, w których Kandydat opublikował swoje osiągnięcia.

Obok wartości naukowej, wartym podkreślenia jest także aspekt praktycznego zastosowania projektowanych materiałów, co stanowi istotny element rozważań w przedłożonej do oceny dokumentacji. To wszystko, poparte zdefiniowaniem mechanizmu działania katalizatorów w układach utleniania i jego wpływem na wykazywaną przez nie aktywność, w zdecydowany sposób może przełożyć się na zwiększone spektrum metod projektowania tego typu materiałów, a także możliwości ich praktycznego wykorzystania. Biorąc pod uwagę fakt, że tematyka związana z projektowaniem (foto)katalizatorów heterogenicznych i ich wykorzystaniem w reakcjach utleniania/degradacji jest dość obszernie zaprezentowana w literaturze, wpisanie się w ten nurt badań, a dodatkowo zaproponowanie innowacyjnego/oryginalnego rozwiązania i opublikowanie wyników prac eksperymentalnych w renomowanych czasopismach, w moim odczuciu, wydaje się być istotnym osiągnięciem. Dodatkowo, zaprezentowane osiągnięcia naukowe są wartościowym uzupełnieniem istniejącego stanu wiedzy i mogą być platformą do dalszych prac nad zrozumieniem natury oddziaływań pomiędzy składnikami katalizatorów heterogenicznych, ich aktywnością i selektywnością w wybranych układach reakcyjnych oraz rolą w utlenianiu związków organicznych.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

W trakcie swojej kariery naukowej dr Łukasz Wolski wykazał się znaczną mobilnością, która udokumentowana jest zrealizowanymi 4 stażami naukowymi – 3 w Université de Caen Normandie, Laboratoire Catalyse et Spectrochimie (Francja, Caen) pod opieką prof. Marco Daturi i dr. Mohamada El-Roza oraz 1 w University of Massachusetts-Lowell, Department of Chemistry (USA) pod opieką prof. Jamesa E. Whittena. Kandydat spędził łącznie 11 miesięcy za granicą, w tym 7 miesięcy przed obroną doktoratu i 4 miesiące po obronie doktoratu. Podczas 4-miesięcznego stażu w Department of Chemistry (University of Massachusetts-Lowell) dr Łukasz Wolski zdobył doświadczenie i umiejętności w zakresie procesów fotokatalitycznych oraz obrazowania nanostruktur z wykorzystaniem skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Głównym nurtem prowadzonych badań była preparatyka nowych fotokatalizatorów zawierających ZnO oraz ich charakterystyka z wykorzystaniem technik SEM, TEM, XPS, a wymiernym efektem tej działalności są artykuły naukowe opublikowane w *Materials Research Bulletin*, *Journal of Catalysis* czy *Microporous and Mesoporous Materials*.

Kolejne 3 pobyty zagraniczne (jeden pobyt 3-miesięczny i dwa pobyty 2-miesięczne), zrealizowane w Laboratory of Catalysis and Spectrochemistry (University de Caen) przyczyniły się do poszerzenia wiedzy Kandydata w zakresie charakterystyki i testów aktywności fotokatalitycznej materiałów opartych o Nb₂O₅ oraz pomiarów *in situ* IR i operando-IR-MS, wykorzystywanych do określenia właściwości kwasowych badanych katalizatorów czy definiowania mechanizmów i dróg reakcji m.in. fotokatalitycznego utleniania metanolu w fazie gazowej. Wymiernym efektem tej współpracy są artykuły naukowe opublikowane w *Applied Catalysis B: Environmental* czy *Journal of Physical Chemistry C*.

Obok mobilności na uwagę zasługuje również szeroko zakrojona współpraca naukowa dr. Łukasza Wolskiego z zagranicznymi oraz krajowymi ośrodkami naukowymi w tym m.in. z naukowcami z Iowa State University (USA), naukowcami z Indii – dr. Aayush Gupta (wspólna publikacja w *Solar Energy*) czy z grupą badawczą dr hab. Piotra Pietrzyka, prof. UJ z Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (wspólne prace opublikowane w *Journal of Hazardous Materials* oraz *ACS Applied Materials & Interfaces*). Prace realizowane w ramach tej współpracy są komplementarne z działalnością naukową Kandydata i w istotny sposób wpływają na jego rozwój i zdobywane doświadczenie.

Reasumując stwierdzam, że aktywność naukowa dr. Łukasza Wolskiego realizowana w więcej niż jednej uczelni czy instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, spełnia wymogi stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Wartym podkreślenia jest również fakt, że doświadczenie naukowe zdobyte za granicą jest bezcenne i potwierdza ambicje Kandydata oraz chęć ciągłego rozwoju naukowego.

5. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych, dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę

Pozostała aktywność naukowa Kandydata związana jest z głównym nurtem Jego zainteresowań tj. szeroko rozumianą katalizą heterogeniczną. Obejmuje ona projektowanie i ocenę aktywności katalizatorów bazujących na mezoporowatych nośnikach krzemionkowych i zeolitach czy na ZnS modyfikowanym CeO₂ i domieszkowanym dodatkowo Mn, do procesów utleniania czy fotokatalitycznej degradacji związków organicznych. Jednym z dodatkowych obszarów badań były także rozważania nad zastosowaniem fosforanów metali (m.in. materiały typu CeO₂/CePO₄)

w reakcji utleniania kwasu benzoowego na drodze ozonowania w obecności jonów chlorkowych. Wymiernym efektem tej działalności są artykuły naukowe opublikowane w takich czasopismach jak *Solar Energy*, *Molecules*, *Catalysis Today*, *Materials*, *RSC Advances* czy *Scientific Reports*.

Z kolei zupełnie nowym kierunkiem badań są zagadnienia związane z materiałami polimerowymi jako nowymi i obiecującymi układami, których reaktywność w fazie ciekłej nie jest do końca poznana. Ponadto, Kandydat kontynuuje prace w zakresie zastosowania katalizatorów niobowych w procesie fotokatalitycznej i niskotemperaturowej przeróbki metanolu do dimetoksymetanu czy zastosowania heterostrukuralnych katalizatorów na bazie tlenków metali do produkcji wodoru z kwasu mrówkowego.

W zakresie działalności dydaktycznej dr Łukasz Wolski prowadził zajęcia laboratoryjne i terenowe z Podstaw technologii chemicznej, Technik przygotowania próbki, Podstaw chemii analitycznej, Analityki chemicznej i badania żywności, Chemicznych i biologicznych podstawy życia, Katalizy w procesach przemysłowych i ochronie środowiska, Materiałów biologicznie czynnych i ich analizy, Technologii oczyszczania gazów, również w języku angielskim z Food analytical chemistry, Environmental analytical chemistry oraz Analytical chemistry. Kandydat jest również współautorem skryptu do zajęć laboratoryjnych z „Katalizy w procesach przemysłowych i ochronie środowiska” oraz dwóch wykładów dla doktorantów dotyczących zastosowania technik XPS i *operando* do badania ciał stałych. Sprawował także opiekę pomocniczą nad 1 doktorantem, 2 magistrantami oraz 2 osobami wykonującymi prace licencjackie i 1 wykonującą pracę inżynierską w Zakładzie Katalizy Heterogenicznej. Zastanawiającym jest jednak promotorstwa prac dyplomowych, co biorąc pod uwagę etap kariery naukowej jest pewnym uchybieniem, zwłaszcza dla Kandydata aspirującego do bycia samodzielnym pracownikiem naukowym.

W ramach działalności popularyzującej naukę wymienione zostało jedynie autorstwo wykładu na platformie YouTube w ramach Akademii Zrównoważonego Rozwoju UAM nt. „Czy barwna woda to nasza kolorowa przyszłość?”.

Działalność organizacyjna dr. Łukasza Wolskiego to przede wszystkim członkostwo w Radzie Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, członkostwo „*Editorial Board*” w czasopiśmie naukowym „*Frontiers in Environmental Engineering*” czy funkcja edytora gościnnego w wydaniu specjalnym czasopisma „*Catalysts*” dotyczącym "*From Design to Application of Nanomaterials in Catalysis*".

Całokształt działalności organizacyjno-dydaktycznej oraz popularyzującej naukę Pana dr. Łukasza Wolskiego oceniam jako bardzo dobry.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie oceny dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, ze szczególnym uwzględnieniem cyklu powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych nt. „***Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na Nb₂O₅ i CeO₂ w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych z użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła***” stwierdzam, że Pan dr Łukasz Wolski legitymuje się istotnymi osiągnięciami naukowymi, uzyskanymi po otrzymaniu stopnia naukowego doktora, wnoszącymi istotny element nowości naukowej oraz stanowiącymi wartościowy wkład w rozwój reprezentowanej przez Kandydata dyscypliny naukowej.

Według mojej oceny, Pan dr Łukasz Wolski spełnia wszelkie wymogi formalne i ustawowe stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne, zawarte w art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „*Prawo*

o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Wnioskuje zatem do Wysokiej Komisji Habilitacyjnej o przeprowadzenie dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Filip Ciesiel

